

# PERANCANGAN KONTROLER PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE ROBOT SEGWAY BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO

Kuncoro<sup>1)</sup>, Wahyu Mulyo Utomo<sup>2)</sup>, Slamet Winardi<sup>3)</sup>, Kunto Eko Susilo<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Falkutas Ilmu Komputer Universitas Narotama Surabaya

Jalan Arief Rachman Hakim 51 Surabaya 60117, Jawa Timur

e-mail: [kuncorosestiawan982@gmail.com](mailto:kuncorosestiawan982@gmail.com) , [wahyumu@narotama.ac.id](mailto:wahyumu@narotama.ac.id) , [slamet.winardi@narotama.ac.id](mailto:slamet.winardi@narotama.ac.id),  
[emsatech2006@yahoo.com](mailto:emsatech2006@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Perkantoran, industry, atau mall yang luas membutuhkan pengawasan ataupun konektivitas yang cepat dan efisien antar unit-unit. Sehingga muncul gagasan untuk membuat alat transportasi yang mudah di kendalikan yang dapat membantu kegiatan tersebut. Pada awalnya Segway adalah robot yang mengutamakan keseimbangan tetapi saat ini di kembangkan menjadi alat transportasi yang membantu manusia sehari-hari. Dalam perancangan Segway menggunakan metode proportional integral derivative (PID) yang ditanamkan dalam sebuah mikrokontroler Arduino Nano. Sensor gyroaccelero digunakan untuk menjaga keseimbangan robot agar dapat dinaiki untuk keperluan pengawasan dan konektivitas antar unit. Parameter nilai yang dihasilkan  $K_p=20$ , nilai  $K_i = 0,1$  dan nilai  $K_d = 0,2$  mampu mengendalikan keseimbangan robot Segway sehingga dapat berjalan sesuai dengan pergerakan sensor pada bidang yang datar.*

**Kata Kunci:** PID, Segway, Arduino Nano, Robot

## PENDAHULUAN

Teknologi di Negara berkembang atau di Negara maju tidak bisa di anggap sebelah mata, saat ini hampir di semua Negara menciptakan robot dengan teknologi tinggi dan canggih, menjadi sebuah kebanggaan apabila Negara tersebut dapat menciptakan robot. Robot saat ini juga dapat membantu kinerja manusia dalam bidang industri atau di dalam kehidupan sehari-hari dapat juga sebagai pengganti manusia seperti di bidang pekerjaan yang berbahaya. Robot beroda dua ini yang biasa di sebut dengan robot segway memiliki roda kanan dan kiri yang dapat diatur kecepatannya dan arah putaran, dalam mengendalikan robot ini ada beberapa metode yang dapat di gunakan, salah satu yang akan di gunakan untuk mengendalikan robot ini adalah metode *Proportional Integral Derivative* (PID). Untuk menyeimbangkan sandaran kaki di badan robot diperlukan suatu kontrol yang baik dalam mempertahankan posisi robot agar tetap tegak atau vertical pada bidang yang dipijak dalam robot tersebut. Pengembangan robot sederhana ini dapat digunakan sebagai alat transportasi di dalam kantor, industry, ataupun mall untuk efisiensi waktu konektivitas antar unit-unit.

## Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya yang sudah diteliti dan bermaksud untuk memperbaiki beserta untuk membandingkan hardware dan software sehingga dapat menyempurnakan yang sudah ada.

Pada penelitian yang berjudul "System Kendali Gerak Segway Berbasis Mikrokontroler" (Lukas B, Setyawan, Deddy Susilo, Dede Irawan, 2014) dalam robot segway pada ini menggunakan sensor posisi sudut yaitu gyroscope dan sensor kecepatan sudut menggunakan accelerometer serta pengaturan simpangan kemudi menggunakan potensiometer. Prinsip kerja robot ini dapat di atur oleh perangkat lunak yang di tanamkan pada mikrokontroler. Sehingga kontroler ini bertugas sebagai pengatur pergerakan pada robot.

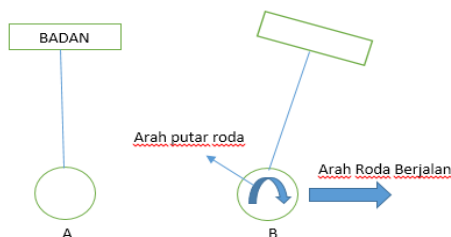
Untuk penelitian dengan judul "Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatife" (Rizka Bimarta, Agfianto Eko Putro, Andi Dharmawan april, 2015) menggunakan kontroler Arduino Uno yang dilengkapi dengan software PID. Sistem ini menggunakan metode tuning Ziegler Nicholas metode osilasi yang digunakan pada system close loop merupakan metode tuning kendali PID sebagai penentu nilai penguatan proportional  $K_p$ , integral time  $T_i$ , dan

derivative Td. Metode ini memberikan nilai overshoot 25% pada step response.

Berikutnya penelitian yang berjudul "Self-Balancing Scooter Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif" (Bambang Nur Cahyono, Sumardi, Budi Setyono, 2013) merupakan self balancing scooter robot mobile yang memiliki dua buah roda di sisi kanan dan kiri yang secara otomatis akan menjaga keseimbangan pijakan kaki pengendara.

### METODE PENELITIAN

Pada perancangan ini robot membutuhkan keseimbangan tingkat tinggi memiliki rangkaian proses yang panjang yang terkait antara sensor dengan hardware yang lainnya. Untuk itu dibutuhkan skema yang jelas mengenai perancangan robot segway yang mencakup rangkain hardware dan software. Adapun prinsip kerja dari robot segway yang dibuat meliputi sensor MPU5060 sebagai penentu sudut keseimbangan yang diinginkan. Sensor tersebut memiliki sumbu X, Y dan Z yang diatur secara bersamaan. Prinsip kerja di lihat pada gambar 1.

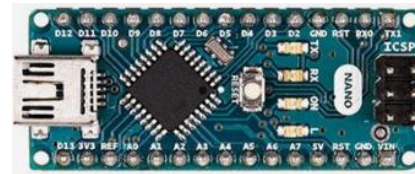


Gambar 1. Cara kerja Sensor MPU5060

Dari ilustrasi di atas, jika robot berdiri pada posisi tegak lurus di sebut dengan *steady-state* dan apa bila robot condong maka system akan terjadi error sehingga system akan mengembalikan ke posisi semula.

### Mikrokontroler

Agar robot dapat berjalan dengan sempurna maka di butuhkan sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengatur sinyal dari sensor ke aktuator.



Gambar 2. Mikrokontroler Arduino Nano

Untuk mikrokontroler menggunakan arduino nano. Arduino merupakan platform yang terbuka yang di tujuhan siapa saja yang ingin mengembangkan alat elektronika digital yang terdiri dari hardware dan software yang diprogram.

### Sensor MPU5060

Modul MPU-6050 ini memiliki dua sensor, sensor gyroscope dan sensor accelerometer di dalam satu chip. Modul ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan konversi ADC 16 pada setiap channel sehingga memberikan nilai X, Y dan Z dengan resolusi tinggi. Modul sensor MPU-5060 ini menggunakan bus I2C untuk berkomunikasi dengan Arduino Nano. Gyroscope merupakan perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi dengan prinsip ketepatan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan motor driver yang tetap stabil.

### Driver Motor

Driver motor merupakan rangkaian elektronika daya yang digunakan mengendalikan putaran motor. Motor driver juga dapat digunakan sebagai pengatur kecepatan dengan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM). Perubahan kecepatan motor DC tersebut bergantung dari nilai tegangan yang dimasukkan pada input motor driver. Berikut adalah motor driver jenis MPU5060.

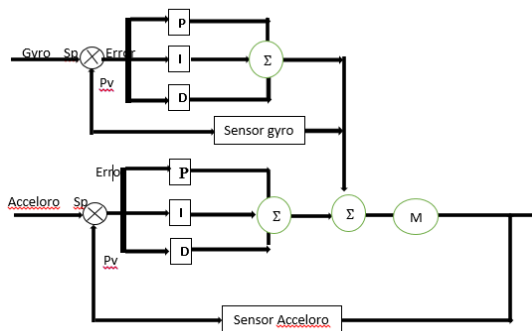


Gambar 3 Motor Driver MPU5060

H-Bridge digunakan untuk mengontrol arah putaran yang dapat dikendalikan lewat mikrokontroler. Motor driver ini pada dasarnya menggunakan transistor switching. Untuk dapat respon tertentu komparator ke pergerakan motor sangat cepat. Untuk itu di butuhkan transistor yang mampu memadukan antara kecepatan dan transfer arus yang besar. Smartdriver40 adalah salah satu driver motor seri pintar dan terbaru yang dirancang untuk berkendara dengan kecepatan rendah sampai tinggi dengan supply arus mencapai 80 A dan 40 A secara terus menerus.

**Kontrol PID**

Kontrol logika PID digunakan untuk system yang cukup kopleks dan membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi, di dalam PID tedapat tiga proses utama yaitu proportional, integral dan derivative. Control PID ini bertujuan untuk menentukan parameter aksi control agar robot dapat berdiri dengan tegak secara otomatis. Proses ini dapat dilakukan dengan cara trial dan eror. Adapun nilai yang akan di berikan adalah nilai konstanta P-I-D sehingga dapat di peroleh hasil yang diinginkan. Perhatikan gambar di bawaaah ini.



Gambar 4 Blog Diagram Kontrol PID

Dari gambar di atas blok diagram control PID dapat di jelaskan sebagai berikut:

- SP: set point, secara sederhana adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yag diinginkan
- PV: nilai bobot pembacaan sensor saat itu merupakan variable terukur atau diumpnbalikan oleh sensor.

- Eror: nilai kesalahan, yakni deviasi atau simpangan antara variable set point dengan nilai bobot sensor

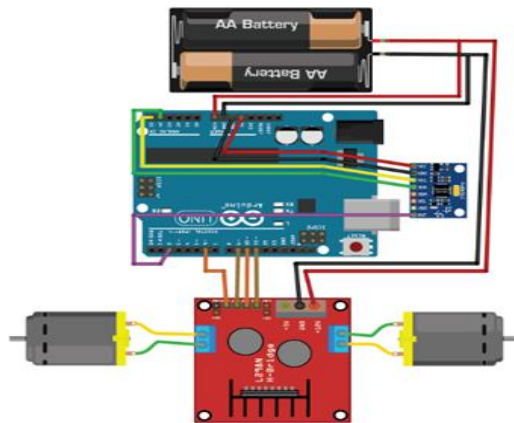
Skema pada control PID diberi nama dari ketiga yang merupakan term pengendali tersebut. Dan kemudian dijumlahkan untuk menghitung hasil keluaran kontrol PID. Dengan definisi  $\mu(t)$  digunakan sebagai keluaran kontroler, bentuk akhir dari algoritma PID adalah sebagai berikut:

$$\mu(t) = P(t) = Kp e(t) + Ki \int_0^t e(T) + Kd \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Term akan menghasilkan nilai keluaran yang berbanding lurus dengan nilai kesalahan, responnya dapat di atur dengan cara mengalikan nilai kesalahan (*Error*) dengan konstanta Kp yang disebut sebagai konstanta gain propostional atau gain kontroler. Gain yang besar menghasilkan perubahan yang besar pada keluaran untuk suatu nilai kesalahan. Dan jika gain terlalu besar system akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai kondisi sebelumnya jika sebaliknya gain bernilai kecil maka respon respon keluaran juga kecil sehingga system kurang responsife.

**Perancangan Hadware**

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu melakukan kajian yang berkaitan dengan perancangan perangkat keras. Berikut adalah rangkaian hadware.

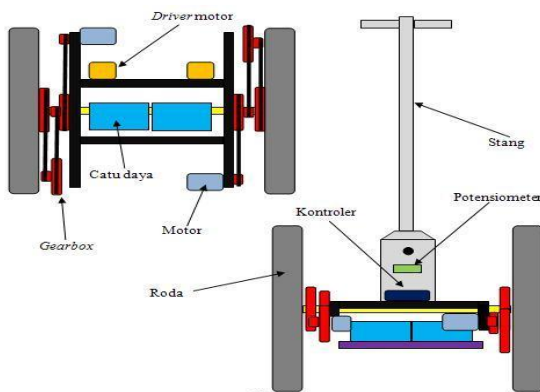


Gambar 5 Rangkaian Sistem

Gambar di atas merupakan rangkaian keseluruhan dimana antar hardware atau sensor saling berhubungan. Langkah pertama pasang sensor MPU dengan Arduino Nano dengan kabel jumper pada pin di papan MPU yang juga terdapat identitas antara VCC dan GND. Selanjutnya pemasangan motor driver, dalam pemasangan ini tidak jauh berbeda dengan pemasangan sensor MPU. Begitu pula dengan hardware yang lainya sudah memiliki keterangan anatara - dan +.

### Perancangan Mekanik

Di dalam dunia robot terdapt 3 aspek yang berkaitan, yaitu Hardware, Software dan mekanik. Dalam hal ini akan di bahas rancangan mekanik robot Segway.



Gambar 6 Perancangan Mekanik Robot

Ukuran pada robot tersebut mempunyai lebar kira-kira 50cm dan tinggi Antara tanah dan dasar robot kira-kira 20cm. Ukuran total pada robot Segway kurang lebih 60 cm, di antaranya ukuran lebar Ban 5 cm, terdapat 2 ban yang di perlukan maka dari itu kedua ban memiliki ukuran kurang lebih 10 cm. sedangkan ukuran segway sendiri yang di ukur dari ban bagian dalam memiliki ukuran 50 cm, karena di perhitungkan dari ukuran ACCU dan hardware lainya

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengujian perangkat keras dan perangkat lunak telah dilakukan dan didapat hasil dari pengujian perangkat system secara keseluruhan.

### Hasil perancangan Perangkat

Pada tahap pengujian perangkat yang digunakan dari seluruh komponen hardware yang digunakan untuk rangkaian robot Segway.

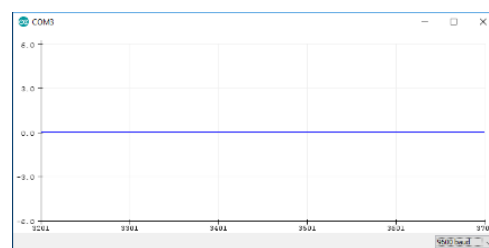


Gambar 7 Desain Robot Segway

Gambar di atas merupakan hasil desain sistem dari beberapa hardware yang sudah di siapkan. Pada bagian atas adalah sebagai alas kaki dengan diameter lebar 50 cm dalam dengan panjang 35 cm.

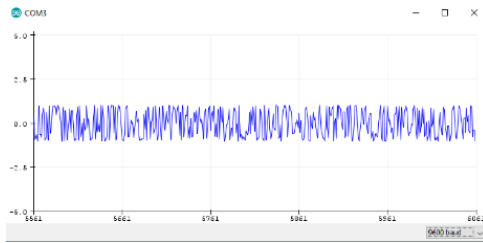
### Hasil Pengujian Perangkat Sensor MPU560

Dari pengujian terlihat sensor mengalami gangguan atau getaran pada serial monitor yang sudah di ubah menjadi kurva. Berikut adalah gambar saat sensor diam tidak ada getaran.



Gambar 8 Sensor Tidak ada Getaran

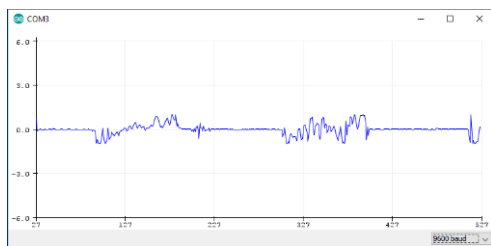
Pada gambar di atas dapat di lihat jika tidak terdapat perubahan arah sensor maka sensor akan diam tidak ada perubahan pada kurva. Maka tanda garis biru akan tetap berapa di posisi 0,0 apabila terdapat pergerakan pada sensor maka nilai akan berubah. Seperti pada gambar berikut.



Gambar 9 Sensor Bergerak

Pada gambar di atas menunjukkan perubahan pada pergerakan sensor, apabila sensor di gerakan terus menerus maka kurva pada serial monitor akan menunjukkan seperti pada contoh gambar yang ada di atas. Jika sensor digerakan kemudian di berhentikan maka alur kurva akan berbeda lagi. Berikut adalah contoh

gambar apabila sensor di gerakan dan di berhentikan.



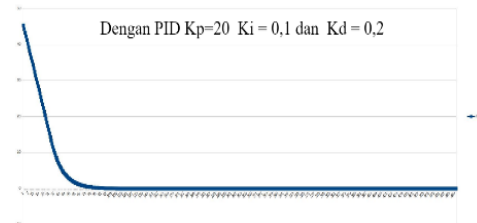
Gambar 10 Pergerakan Sensor

Pergerakan pada gambar di atas sangat berbeda dengan gambar sebelumnya. Perbedaanya sangat terlihat karena terdapat alur kurva yang diam dan bergetar. Pada awalnya sensor diam kemudian sensor di gerakan maka kurva berubah alur sesuai dengan pergerakan sensor. Begitu dengan seterusnya sensor di gerakan dan diam yang terjadi seperti gambar yang ada di atas.

### Pembahasan Koefisien Kontrol PID

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai ideal antara konstanta *proportional, integral dan derivative*. Dengan mengamati reaksi pada system maka dapat di tentukan besar perbandingan konstanta

ideal. Dari pengujian yang di lakukan di dapatka perbandingan konstanta ideal agar system dapat lebih stabil yaitu dengan nilai:  $K_p=20$ , nilai  $K_i = 0,1$  dan nilai  $K_d = 0,2$ . Dengan demikian nilai tersebut di dapat dengan eksperimen dari reaksi pada system.



Gambar 11 Hasil Nilai PID

Dari hasil gambar di atas didapatkan dari eksperimen berkali kali dan nilai tersebut adalah yang baik bila di lihat kasat mata apabila kurang dari nilai tersebut maka system kurang responsive apabila lebih dari tersebut maka system akan over responsive sehingga Segway akan berguling guling. Pada gambar di atas steady-state pada nilai 0, karena Segway merupakan robot yang mencari sudut atau angka nol (0) agar dapat memberikan titik keseimbangan. Apabila angka tersebut berubah lebih besar (+) atau lebih kecil (-) maka system akan menggangap error dan akan mencari

titik nol kembali dengan otomatis. Segway atau system dapat mengetahui besaran sudut dari sensor MPU5060.

Tabel 1. Nilai Hasil Pengujian

No	Sudut (e)	PWM	PWM Dipakai
1	45.337	906.785	255
2	44.339	866.912	255
3	43.341	846.993	255
4	42.343	827.071	255
5	41.345	807.146	255
6	40.346	787.219	255
7	39.348	767.289	255
8	38.350	747.357	255
9	37.351	727.422	255
10	36.352	707.485	255
11	35.354	687.545	255
12	34.355	667.603	255
13	33.356	647.658	255

Gambar di atas merupakan sedikit contoh nilai yang di dapat dari system pada saat Segway bergerak atau pada nilai error untuk mencari nilai steady-state atau sudut nol (0). Untuk data keseluruhan di letakan pada bagian lampiran, di atas merupakan potongan sebagai contoh.

#### KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari pembuatan dan pengujian alat yang menggunakan sensor MPU6050 pada robot Segway sebagai pengendali keseimbangan robot beroda dua sebagai berikut:

- Motor dapat berjalan sesuai dengan sudut kemiringan sensor.
- Segway dapat berjalan di bidang datar
- Nilai PID telah di dapatkan dengan:  $K_p=20$ , nilai  $K_i = 0,1$  dan nilai  $K_d = 0,2$ .
- Segway dapat di tumpangi tidak lebih dari 1 orang.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] L. B. Setyawan, D. Susilo, D. Irawan, P. Studi, T. Elektro, and F. Teknik, "Sistem kendali gerak segway berbasis mikrokontroler," pp. 125–134.

[2] R. Bimarta, A. E. Putra, and A. Dharmawan, "Balancing Robot Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 5, no. 1, pp. 89–98, 2015.

[3] B. N. Cahyono, B. Setiyono, and Sumardi, "Self-Balancing Scooter Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral Derivatif," *Transmisi*, vol. 15, no. 4, pp. 164–169, 2013.

[4] H. S. Juang and K. Y. Lurr, "Design and control of a two-wheel self-balancing robot using the arduino microcontroller board," in *IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA*, 2013.

[5] R. Pradipta and J. T. Elektro, "Pengendalian Balance Robot Menggunakan Gyro Sensor Berbasis Android," pp. 195–200, 1945.